

Министерство науки и высшего образования РФ
Правительство города Севастополя
Федеральное государственное бюджетное учреждение науки
Федеральный исследовательский центр
«Институт биологии южных морей имени А. О. Ковалевского РАН»
Всероссийское гидробиологическое общество при Российской академии наук
Русское географическое общество
Паразитологическое общество при Российской академии наук

Изучение водных и наземных экосистем: история и современность

Международная научная конференция, посвящённая 150-летию
Севастопольской биологической станции —
Института биологии южных морей имени А. О. Ковалевского
и 45-летию НИС «Профессор Водяницкий»

Тезисы докладов

13–18 сентября 2021 г.
Севастополь, Российская Федерация

Севастополь
ФИЦ ИНБЮМ
2021

Использование антропогенного радионуклида ^{137}Cs для геохронологии распределения ртути в донных осадках севастопольских бухт

Стецюк А. П.

ФГБУН ФИЦ «Институт биологии южных морей имени А. О. Ковалевского РАН», Севастополь, Россия

alex-ra-777@mail.ru

Ртуть оказывает чрезвычайно токсическое воздействие на гидробионтов и поэтому представляет наибольшую опасность для морских экосистем. В водной толще ртуть сорбируется на взвешенном веществе и в процессе седиментации загрязняет донные отложения, являющиеся деполирующей средой. Изучив профили распределения ртути в толще донных осадков, можно понять многолетнюю динамику загрязнения ртутью водоёма.

Источники поступления ртути могут быть как природного, так и антропогенного происхождения. Поскольку Крым расположен в ртутнорудном поясе Земли [Jonasson, 1972], в результате «ртутного дыхания Земли» осуществляется регулярное поступление ртути в окружающую среду. На территории Горного Крыма отмечены многочисленные рудопроявления ртути, приуроченные к зонам интенсивной трещиноватости и гидротермальных изменений [Сидоренко, 1974].

К антропогенным источникам поступления ртути в Севастопольскую бухту относятся: морской транспорт, промышленно-коммунальные стоки, судоремонтные и нефтеперерабатывающие предприятия, муниципальные очистные сооружения. На территории Севастопольской бухты функционируют более 30 источников различных стоков (промышленно-бытовых, коммунальных, ливневых), большая часть которых расположена в Южной бухте.

Исследование содержания ртути в севастопольских бухтах проводилось на протяжении более чем 30 лет. По данным 1988–2008 гг. [Костова и др., 2001 ; Костова, 2011 ; Костова, Иванов, 2009], наиболее высокие концентрации ртути были отмечены для илистых донных осадков у Павловского мыса и в Южной бухте. В 2004 г. участки акватории бухты Южной характеризовались повышенным содержанием ртути, которое в донных осадках изменялось от 1200 до 3500 нг·г⁻¹ (здесь и далее — на сухую массу), а в 2008 г. концентрация ртути изменялась от 61 до 3374 нг·г⁻¹. В колонке донных отложений, отобранной в 2008 г. у Павловского мыса, концентрация ртути изменялась от 1464 нг·г⁻¹ в поверхностном слое до 2360 нг·г⁻¹ в слое на глубине 7–8 см. В слое донных осадков на глубине 4–7 см С. К. Костовой было обнаружено, что концентрация ртути составляет 4664 нг·г⁻¹. Эти данные свидетельствуют о высоком загрязнении ртутью акватории у Павловского мыса и Южной бухты, обозначенных как критические зоны [Костова, Иванов, 2009].

Цель работы — проведение геохронологической реконструкции поступления ртути в акваторию Севастопольской бухты по профилям донных осадков. Для этого в сентябре 2020 г. и в мае 2021 г. были отобраны колонки донных осадков. Станции отбора проб располагались у Константиновского равелина, в Южной бухте, у Павловского мыса, в Голландии и Инкермане. Керны донных осадков разделяли в лабораторных условиях при помощи поршневого экструдера на горизонтальные слои толщиной 1 см. Пробоподготовку донных осадков для определения Hg проводили в соответствии с ГОСТ 26927-86. Концентрацию Hg определяли методом атомно-абсорбционной спектрофотометрии (метод холодного пара) на анализаторе «Хиранума-1». Контроль правильности результатов анализа донных отложений осуществляли с помощью государственных стандартных образцов состава дерновоподзолистой супесчаной почвы СДПС-1.

Для определения возраста слоёв донных отложений была использована средняя скорость осадконакопления, рассчитанная С. Б. Гулиным по ^{137}Cs на основании гамма-спектрометрического анализа.

Анализ полученных результатов показал, что наибольшее поступление ртути и её депонирование в донные осадки водоёма происходили на станциях в различные периоды времени. На станции «Равелин» самая высокая концентрация ртути была в 2009 г. ($950,0 \text{ нг} \cdot \text{г}^{-1}$), в Южной бухте — в 2006 г. ($2467,4 \text{ нг} \cdot \text{г}^{-1}$), а в районе Павловского мыса — в 2002 г. ($3179,1 \text{ нг} \cdot \text{г}^{-1}$). На станции «Голландия» самая высокая концентрация была в слое 4,5 см, соответствующем 2007 г. ($1331,8 \text{ нг} \cdot \text{г}^{-1}$). На станции «Инкерман» пик концентрации находился в слое 5,5 см, соответствующем 2015 г. ($244,6 \text{ нг} \cdot \text{г}^{-1}$). Высокие концентрации ртути были отмечены для донных осадков Южной бухты на протяжении длительного периода времени (1992–2020). Для всех станций наблюдалась тенденция снижения концентрации ртути к верхнему слою донных осадков, приуроченных к 2019–2020 гг., относительно соответствующего максимума предыдущих лет.

Ранее было рассчитано, что в Севастопольской бухте при высоких уровнях загрязнения ртутью морских вод достигается предел сорбционного насыщения донных осадков, равный $2740 \text{ нг} \cdot \text{г}^{-1}$ [Костова и др., 2001]. Однако данная величина была определена авторами в первом приближении и лишь отражала методический приём оценивания предела сорбционного насыщения ртутью донных осадков. Поэтому, если в 1998 г. концентрация ртути в колонке донных осадков, отобранных в районе Павловского мыса, не превышала $1800 \text{ нг} \cdot \text{г}^{-1}$ с эффектом 65%-го сорбционного насыщения ртутью, то, по современным расчётам, в этом же районе при максимальной концентрации ртути в 2002 г., равной $3179,1 \text{ нг} \cdot \text{г}^{-1}$, получается, что величина сорбционного насыщения ртутью донных осадков превышает установленный ранее предел. Эти данные свидетельствуют о высоком загрязнении акватории ртутью. К 2019 г. концентрация ртути в донных осадках у Павловского мыса снизилась до $1369,5 \text{ нг} \cdot \text{г}^{-1}$ с сорбционным насыщением 50 %. На станциях «Голландия», «Равелин» и «Инкерман» при соответствующих максимальных концентрациях ртути ($1331,8$; $950,0$; $244,6 \text{ нг} \cdot \text{г}^{-1}$) сорбционное насыщение составило лишь 48,0; 34,6; 8,9 % относительно $2740 \text{ нг} \cdot \text{г}^{-1}$. В верхних слоях донных осадков, соответствующих 2019–2020 гг., сорбционное насыщение на этих станциях снизилось до 23,9, 14,6 и 5,2 %. Высокая концентрация ртути в донных осадках бухты Южной, обусловленная 90%-м сорбционным насыщением ртутью, свидетельствует о сильном загрязнении акватории в 2006 г. К 2020 г. концентрация ртути постепенно снижалась до 35,6%-го сорбционного насыщения ртутью донных осадков.

Выводы:

1. Данные по скорости осадконакопления цезия-137 позволили провести датировку донных осадков и геохронологическую реконструкцию поступления ртути на протяжении многих лет.
2. Бухта Южная и акватория у Павловского мыса являются зонами повышенного риска в отношении сорбционного накопления ртути на протяжении нескольких лет.
3. В севастопольских бухтах выявлена тенденция снижения концентрации ртути в донных осадках к их верхнему слою, приуроченному к 2019–2020 гг., относительно соответствующего максимума предыдущих лет и отражающая снижение концентрации ртути в воде.

Работа выполнена по теме государственного задания ФИЦ ИнБЮМ «Молисмологические и биогеохимические основы гомеостаза морских экосистем» (№ гос. регистрации 121031500515-8).

Автор признательна за отбор проб кернов донных осадков сотруднику отдела радиационной и химической биологии ФИЦ ИнБЮМ Мосейченко И. Н.